



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**Estudo e caracterização do carvão ativado
produzido a partir dos endocarpos dos frutos de
Macaúba, Buriti e Babaçu**

**Autor: Phillipe Gabriel Nascimento De Oliveira
Orientador: Fábio Cordeiro De Lisboa**

**Brasília, DF
2017**



PHILLIPE GABRIEL NASCIMENTO DE OLIVEIRA

**ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR
DOS ENDOCARPOS DOS FRUTOS DE MACAÚBA, BURITI E BABAÇU**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Doutor Fábio Cordeiro De Lisboa

**Brasília, DF
2017**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Nascimento de Oliveira, Phillipe Gabriel.

Estudo e caracterização do carvão ativado produzido a partir dos endocarpos dos frutos de Macaúba, Buriti e Babaçu/ Phillipe Gabriel Nascimento de Oliveira. Brasília: UnB, 2017. 103 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2013. Orientação: Fábio Cordeiro de Lisboa.

Carvão ativado. Macaúba. Babaçu. Buriti. Pirólise
I. Cordeiro de Lisboa, Fábio. II. Estudo e caracterização do carvão ativado produzido a partir dos endocarpos dos frutos de Macaúba, Buriti e Babaçu.

CDU Classificação



ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DOS ENDOCARPOS DOS FRUTOS DE MACAÚBA, BURITI E BABAÇU

Phillipe Gabriel Nascimento De Oliveira

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 11/12/2017) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Doutor: Fábio Cordeiro de Lisboa, UnB/ FGA
Orientador

Prof. Doutor: Fábio Alfaia da Cunha, UnB/ FGA
Membro Convidado

Profa. Doutora: Patrícia Regina Sobral Braga, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

Esse trabalho é dedicado á quem tem a capacidade de crer e perseverar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que creio não me abandonar e aos mestres de minha vida, pai, mãe, familiares e professores.

A vida é muito curta para ser pequena.
Disraeli.

RESUMO

A heterogeneidade de empregos do carvão ativado e o papel desempenhado por ele nas variedades de setores da economia, bem como seu valor social despertam o interesse em se produzir cada vez mais estudos voltados ao comportamento deste produto e ainda mais despertam o interesse na busca de novas matérias-primas e métodos de produção mais eficientes, que sejam aptos de se produzir carvões ativados de melhores qualidades. Este trabalho de conclusão de curso realiza um estudo das características e do comportamento do endocarpo de três espécies de palmáceas abundantes no Cerrado, a macaúba, o babaçu e o buriti na produção de carvão ativado. Também realiza a análise das características do carvão ativado produzido por meio da ativação química dos endocarpos e da pirólise às temperaturas de 700 °C e 800 °C. O trabalho revela como o buriti se destaca entre as espécies estudadas no comportamento de adsorção e também por apresentar maior ganho de área superficial ao se aumentar a temperatura de pirólise.

Palavras-chave: Carvão ativado. Macaúba. Babaçu. Buriti. Pirólise

ABSTRACT

The heterogeneity of the use of activated carbon and its role in the various sectors of the economy, as well as its social value, arouse the interest in producing more and more studies focused on the behavior of this product and even more arouse interest in the search for new raw materials and more efficient production methods that are capable of producing activated carbon of better quality. This work completes a study of the characteristics and behavior of the endocarp of three species of palms abundant in the Cerrado, macaúba, babassu and buriti in the production of activated carbon. It also performs the analysis of the characteristics of activated carbon produced through the chemical activation of the endocarp and pyrolysis at temperatures of 700 ° C and 800 ° C. The work shows how the buriti stands out among the species studied in the adsorption behavior and also because it presents greater surface area gain by increasing the pyrolysis temperature.

Keywords: Activated charcoal. Macaúba. Babassu Buriti. Pyrolysis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MERCADO DO CARVÃO ATIVADO	2
1.1 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.1 Objetivos Específicos.....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 FORMAS DE PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO	3
2.2 AVALIAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO	4
2.2.1 Teoria De Langmuir.....	5
2.2.2 Método De BET	5
2.2.3 Porosidade	7
2.2.4 Modelo De BJH	7
2.3 UTILIDADE DO CARVÃO ATIVADO	8
2.4 ENDOCARPO DO FRUTO DE PALMÁCEAS PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO	9
2.4.1 Caracterização Da Macaúba (<i>Acrocomia Aculeata</i>)	9
2.4.2 Caracterização Do Babaçu (<i>Attalea Ssp.</i>)	10
2.4.3 Caracterização Do Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i>)	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 OBTENÇÃO DOS ENDOCARPOS	14
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	15
3.3 CARBONIZAÇÃO DOS ENDOCARPOS	15
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS CARVÕES ATIVADOS	15
3.4.1 Análise Da Área Superficial.....	16
3.5 INCERTEZA NAS MEDIÇÕES	16
4.RESULTADOS	17
4.1 RENDIMENTO DAS PIRÓLISES	17
4.2 RESULTADOS DO BET	18
4.2.1 Área Superficial	18
4.2.2 Influência Da Temperatura De Pirólise Nas Isotermas.....	19
4.2.3 Volume Do Poro	22
5. CONCLUSÃO	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

Carbono Ativado ou simplesmente Carvão Ativado é a nomenclatura dada a forma de carbono que foi submetida a um tratamento e teve sua capacidade de adsorção aumentada significativamente pelo aumento da área superficial. Qualquer material rico em carbono e poroso já possui naturalmente a capacidade de adsorver outros materiais e moléculas. Quando submetido a um tratamento especial a porosidade da matéria é aumentada, o que a faz passar a ser ainda mais interessante para o uso em atividades de adsorção. O produto carbonáceo tratado pode chegar a possuir uma estrutura porosa que proporciona uma área superficial interna acima de $800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, muito maior que os da estrutura não tratada que varia de 10 a $15 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, que é uma característica importante sobre a capacidade de adsorção do carvão ativado (CLAUDINO, 2003).

A enorme área superficial interna produzida pelo tratamento acresce uma capacidade de absorção específica chamada adsorção, que nada mais é que um processo de adesão de moléculas ou íons presentes em fluido em uma superfície de sólido por meio de interações físicas ou químicas. A estrutura do poro é influenciada devido a ebulição dos gases e no material se desenvolve uma cadeia de redes porosas capazes de reter a substância a ser adsorvida (WILLIAMS & REED, 2006).

No fenômeno da adsorção muitas separações ocorrem porque muitas moléculas contidas no fluído que se deseja tratar aderem sobre a superfície do carvão ativado. É justamente nesta propriedade que se baseiam as principais aplicações industriais e econômicas do carvão ativado tanto para o tratamento de líquidos ou gases. Durante a adsorção, o contato entre o carvão ativado e o soluto (substância a ser adsorvida) faz com que ocorra um decréscimo da substância adsorvida e haja acréscimo nas mesmas proporções na superfície do carvão, isso acontece até o momento de equilíbrio (ADHOUM *et al*, 2004).

A adsorção dependendo de como é realizada pode ser física ou química. A adsorção é física caso seja provocada por forças atrativas chamadas “van der Waals”, e química quando ocorre o compartilhamento ou troca de elétrons entre o adsorvato e o adsorvente (carvão ativado) formando uma ligação química (EL QADA *et al*, 2006).

A área da superfície e adsorção estão diretamente ligadas, porém apenas a superfície não é a única propriedade responsável pela capacidade de adsorção de

um determinado carvão. Para cada adsorção específica e para cada carvão, a distribuição e volume de poros são também importantes para controlar o acesso das moléculas do adsorvato para a superfície interna do carvão ativado (WILLIAMS & REED, 2006).

Tanto na adsorção de líquidos quanto de gases, as moléculas aderem fisicamente sobre o carvão por conta destas forças químicas relativamente fracas, nos gases são estas forças responsáveis pela liquefação e condensação de vapores. No caso da adsorção física, o adsorvente não tem alterada nenhuma porção de sua estrutura molecular, assim a reversibilidade da adsorção depende apenas da intensidade das forças de atração entre o adsorvido e o adsorvente. Se estas forem fracas, a desorção (processo de separação entre adsorbato e adsorvente) ocorre com certa facilidade. No caso de adsorção química, as ligações são mais fortes e mais dificilmente o processo é revertido e mais energia é necessária para reverter o processo (EL QADA *et al*, 2006).

Além das características citadas, como a área superficial e a porosidade, outras características do adsorvente e do adsorvido, como pH, viscosidade, temperatura, tempo de contato afetam a adsorção significativamente (OTOWA, *et al*, 1997).

1.1 MERCADO DO CARVÃO ATIVADO

A indústria do carvão ativado tem crescido constantemente assim como as considerações dos assuntos ambientais que o cerca. Comercialmente os carvões ativados no mercado podem ainda ser considerados caros nos casos de uso de matérias-primas não renováveis como o carvão mineral e que ainda provoca poluição desnecessária. Porém as matérias-primas renováveis veem ganhado espaço na produção, fato esse que ergueu o número de pesquisas interessadas no assunto (CORPORATION-LTD, 2014).

O mercado doméstico do carvão ativado está experimentando uma vasta expansão o que induz o crescimento de mais indústrias voltadas a essa área. Somente a indústria de óleo vegetal, o maior consumidor de carvão ativado, consome o número estimado de 30 000 toneladas (CORPORATION-LTD, 2014). As áreas de filtração de água e purificação do ar têm se alargado em todo o mundo já que mais e mais países estão se desenvolvendo e se industrializando,

impulsionando o consumo de carvão ativado a crescer a uma taxa de 1 a 5% ao ano mesmo em países mais desenvolvidos como Estados Unidos, Japão e na Europa, lugares onde a evolução do mercado é mais rápida que em outros países. Fatos que indicam a necessidade de mercado de carvão ativado grande (MARSH & RODRIGUEZ-REINOSO, 2006).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo teve por objetivo avaliar os carvões ativados provenientes do endocarpo do babaçu, do buriti e da macaúba, examinando o efeito da temperatura sobre o rendimento da produção e das características do carvão.

1.2.2 Objetivos específicos

- medir a área superficial dos carvões ativados
- medir o volume de poros do carvões obtidos
- esboçar as isotermas de adsorção dos carvões
- calcular o rendimento da pirólise

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FORMAS DE PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

O carvão pode ser produzido de uma amplitude de formas, seja por rotas químicas, físicas ou ambas e todas elas pode-se variar a temperatura da pirólise ou o agente ativante alterando as características do carvão gerado. Qualquer matéria-prima rica em carbono pode, se tratada adequadamente, vir a ser utilizada para a fabricação de carvões ativados. Contudo, nem todas matérias-primas e nem todos os meios são economicamente viáveis nem apresentam propriedades de adsorção adequadas para o fim desejado. Mesmo ossos de animais que são ricos em minerais podem ser utilizados como matéria-prima de carvão ativado (MORENO-PIRAJÁN, 2010). No Brasil os carvões mais produzidos são de origem vegetal, pinus, eucalipto e o coco são bastante usados (WERLANG, 2013), também o próprio carvão mineral pode ser ativado por exemplo a hulha e o antracito são usados mas essa não é uma opção explorada usualmente no Brasil (TENG *et al*, 1998).

O primeiro passo dos processos físicos de ativação é denominada carbonização, neste estágio a elevação da temperatura faz evaporar e remove a umidade e materiais voláteis presentes no material carbonáceo. Posteriormente, os agentes ativantes são misturados ao material, normalmente estes agentes são o próprio ar ou vapor d'água ou gás carbônico, à altas temperaturas. As reações ocorridas nesta etapa emitem uma mistura de gases, composta predominantemente de monóxido de carbono e hidrogênio. São estes mesmos gases produzidos que quando separados do carvão deixam uma estrutura porosa (WILLIAMS & REED, 2006).

Na rota química de ativação, o material a ser ativado pode passar por um tratamento prévio que envolve secagem e moagem para então ser colocado em contato com um agente ativante químico como por exemplo o ácido fosfórico ou cloreto de zinco (CATURLA *et al*, 1991, TENG *et al*, 1998) ou o carbonato de potássio e então a mistura é submetida ao aquecimento sob condições necessárias para ocorrer a ativação. Ao fim o material deve ser lavado para haver a remoção do agente ativante (HAYASHI, JUN'ICHI *et al*, 2002).

No fim da ativação, dependendo da finalidade, o carvão ativado pode ser submetido a etapas adicionais, como resfriamento, peneiramento, moagem, polimento, separação granulométrica até a embalagem, no caso em que o fim destinado seja a venda.

2.2 AVALIAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

Os carvões ativados têm suas propriedades físicas avaliadas por meio de experimentos e medições da sua capacidade de adsorção, área superficial e volume de poros. Os parâmetros importantes para o trabalho desenvolvido foram:

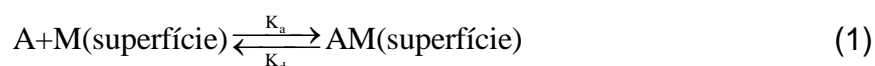
- Área Superficial: é a área superficial total do carvão ativado, calculada pelo método de BET (Branauer, Emmett, Teller). É expressa, comumente, em $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ (OTOWA, *et al*, 1997).
- Volume de Poros: é o volume de poros na unidade de peso do adsorvente. É expresso, comumente, em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ (OTOWA, *et al*, 1997).

- Capacidade de Adsorção: é a quantidade de um determinado componente adsorvido (CLAUDINO, 2003).

2.2.1 Teoria de Langmuir

Em 1918, Langmuir propôs um modelo para descrever a adsorção de gases sobre superfícies sólidas e o desenvolveu enquanto trabalhava com adsorção de gases relacionando as frações molares do componente em condensação e do componente que evapora (JIN *et al*, 2008). Essa teoria, que é um dos modelos teóricos de adsorção mais simples, baseia-se no fato da adsorção ocorrer em monocamadas, em sítios uniformes e na invariabilidade da afinidade iônica em relação a quantidade de substância adsorvida (MAIA *et al*, 2015).

A adsorção pode ser representada pelo modelo de equilíbrio dinâmico entre as moléculas adsorvidas (AM) e as moléculas livres (A) na superfície do carvão (M) representado na Eq. (1).



A derivada da fração de centros de adsorção ocupados (θ) em relação ao tempo é obtida pela Eq. (2),

$$\frac{d\theta}{dt} = K_a P N (1 - \theta) \quad (2)$$

onde N é o número de total de sítios, $N(1 - \theta)$ é o número de sítios livres e P é a pressão parcial do adsorbato A.

A isoterma de adsorção é obtida então pela função dada na Eq. (3) em que K é a fração entre a constante de velocidade de adsorção K_a e a constante de velocidade de desorção K_d .

$$\theta = \frac{KP}{1 + KP} \quad (3)$$

2.2.2 Método de BET

Brunauer, Emmett e Teller no ano de 1938 ao assumirem o processo de adsorção, como da teoria de Langmuir e assumindo outras hipóteses simplificadoras admitiram a possibilidade de uma camada possuir a capacidade de gerar sítios de

adsorção com camadas sobrepostas como demonstrado na Fig. (1), que mostra no item (b) a adsorção em uma única camada como na teoria de Langmuir e no item (a) a adsorção em multicamadas do método BET.

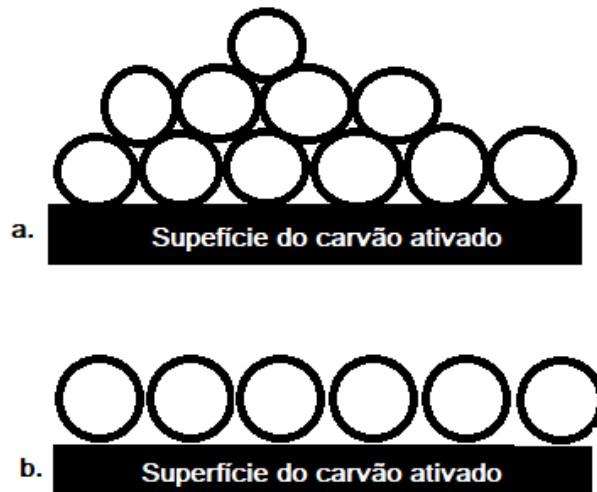


Figura 1. Adsorção a) multicamada e b) monocamada

As hipóteses apresentadas no modelo BET são: a) homogeneidade da superfície, b) desconsidera-se interações de forças entre moléculas de uma mesma camada, c) não há declínio de potencial atrativo provocado na superfície, ou seja, todas as camadas exceto a primeira são tratadas de modo igual e d) a entalpia de adsorção é a mesma que a entalpia de condensação. Os resultados deste método são obtidos por meio da Eq (4),

$$V_a = \frac{V_m C_t P}{(P_0 - P) \left[1 + (C_t - 1) \frac{P}{P_0} \right]} \quad (4)$$

P é a pressão, P_0 é a pressão de saturação do gás, V_a é o volume de gás adsorvido em mL, V_m é a capacidade de adsorção na monocamada e C_t é a constante que relaciona o tamanho do poro. Para dar procedimento ao método e se obter a representação gráfica do mesmo é necessário se definir a concentração da espécie adsorvente C (Eq (5))

$$C = e^{\frac{q_i - q_L}{R_L}} \quad (5)$$

em que q_i e q_L são o calor de adsorção da primeira camada e o calor de liquefação do gás adsorvente respectivamente.

assim, a equação assume a forma linear do seguinte modo: eq (6)

$$\frac{P}{V_a(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (6)$$

2.2.3 Porosidade

A porosidade de um determinado sólido pode ser definida como a percentagem de volume vazio, ou seja, é a razão entre o volume dos poros e o volume de todo o sólido (SILVA *et al*, 2014). Dentre as técnicas de medição da porosidade, as mais conhecidas são a intrusão de mercúrio e a de adsorção e dessorção de gás, que foi a técnica utilizada na caracterização dos carvões deste trabalho.

2.2.4 Modelo de BJH

Barret, Joyner e Halenda, em 1951, propuseram um modelo matemático, que carrega no nome as iniciais de seus nomes próprios (BJH), de obtenção de tamanho do poro a partir da isoterma de nitrogênio. Este modelo é amplamente aplicado tanto no ramo de adsorção como no caso deste trabalho, como no estudo da dessorção que não será alvo do escopo (TEIXEIRA *et al*, 2001).

O método assume um esvaziamento progressivo dos poros antes completamente cheios (P/P_0^{-1} aproximadamente 0,95) de um líquido em função do decréscimo da pressão. Para validação dos resultados o modelo é baseado na equação de Kelvin para termodinâmica. O tamanho dos poros são determinados pela aplicação da adsorção de nitrogênio a aproximadamente 77 K (CHEN *et al*, 1997).

2.3 UTILIDADE DO CARVÃO ATIVADO

O carvão ativado é comercializado de muitas formas e para diversos fins alcançando vários setores da economia como o alimentício, farmacêutico, químico e outros setores muito nobres como o tratamento de água e de efluentes (LEITE, 2017).

Na purificação de óleos, clarificação da glucose e na purificação de bebidas alcoólicas, o carvão ativado realiza importantes funções, e é comumente usado para remover ingredientes ou substâncias que comprometam a qualidade destes produtos ou derivados deles (AHMAD *et al*, 2005).

Os segmentos mais variados da indústria química se beneficiam das funções do carvão ativado. A capacidade de purificação do carvão ativado pode ser tão fina que o uso deste se estende na fabricação de medicamentos como antibióticos e anestésicos. Neste caso seus insumos são purificados para descontaminação, separação e descolorimento por meio da capacidade adsorptiva do carvão ativado que em reações químicas diversas, adsorvem sub-produtos que comprometeriam a qualidade do processo, por exemplo, ácidos, alcoóis, glicerinas (AHMAD *et al*, 2005).

Uma das mais amplas finalidades do carvão ativado é o tratamento de água, tanto para consumo quanto para usos como reagentes industriais. Águas destinadas ao consumo humano, mesmo após filtração, podem conter inúmeros compostos orgânicos indesejáveis dos quais podem estar contaminadas por resíduos da agricultura como pesticidas ou inseticidas, ou podem estar contaminados por substâncias tóxicas presentes em solos poluídos. Estes poluentes, não só as vezes afetam o odor e sabor, mas também podem apresentar efeitos nocivos sobre a saúde dos consumidores. Nestes casos os óleos, odor e o mau gosto, são removidos e as substâncias orgânicas dissolvidas graças ao mecanismo de adsorção. Um exemplo de uso em larga escala é em sistemas de tratamento de águas municipais nos quais é comum misturar à água carvão ativado granulado ou pulverizado que adsorve o que for indesejado e logo após é removido por decantação (BHATNAGAR *et al*, 2013).

Mesmo para a purificação de gases o carvão ativado é eficiente, pois adsorve componentes contaminantes nocivos presentes no ar, tornando-o muito utilizado em aparatos como máscaras de proteção ou filtros industriais como nos sistemas de geração de vapor, em que age removendo o cloro e materiais orgânicos

que possam existir na água. A indústria de ar comprimido purifica gases também desta maneira (TANG *et al*, 1994).

Os casos mais comuns que uma pessoa comum pode ter contato direto com os benefícios do carvão ativado, são máscaras de proteção, aparelhos de diálise, filtro para cigarros, de água residenciais e de aquário, ou em casos medicinais (PALMEIRA *et al*, 2014, ALVES, 2016).

2.4 ENDOCARPO DO FRUTO DE PALMÁCEAS PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO

Endocarpo é como é chamada a camada que encobre as sementes das angiospermas e esta camada tem por objetivo proteger o fruto que é, por muitas vezes, um material lenhoso e rico em carbono (MELO *et al*, 2015).

De modo geral, para os materiais orgânicos carbonáceos, quanto maior a densidade maior será a densidade do carvão produzido, o que é uma variável importante para o estudo. Isso ocorre porque quanto maior a densidade menor é o espaço ocupado pelo agente redutor na pirólise o que é capaz de maximizar a produtividade. Além disso, o endocarpo das palmáceas são formados de um tecido fibroso rico em feixes vasculares e por um conjunto de células de enchimento, formando portanto um tecido lignificado e rígido que apresenta grande aptidão para ser convertido em carvão ativado de elevada qualidade. Ao avaliar o endocarpo da macaúba e do babaçu, estudos mostraram elevados valores para densidade aparente o que representa uma boa característica para a produção de carvão vegetal (BARBOSA *et al*, 2016).

Além de tudo isso não se encontra na literatura atual muita utilidade para este material, com exceção da utilização para fazer se fazer carvão vegetal ou como lenha, os endocarpos são tidos como resíduos e são descartados (CARRAZZA *et al*, 2012).

2.4.1 Caracterização da Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

A macaúba distribui-se ao longo de grande parte da América Latina, expandido-se desde o Paraguai e a Argentina passando pelo sul do Brasil e

seguindo até a zona subtropical e tropical da América, porém ausente em dois países, Equador e Peru (HENDERSON *et al*, 1995).

Quanto ao Brasil, a *Acrocomia aculeata* é uma espécie que possui uma ampla ocupação geográfica no território brasileiro sua distribuição ocorre no sudeste nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, existindo ainda concentrações nas regiões Nordeste e Norte do Brasil além de ser também encontrada na região sul. Continua passando pelo estado de Minas Gerais e toda região Centro-Oeste sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado, onde as maiores concentrações de povoamentos naturais localizam-se nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Outra característica importante da macaúba é o longo tempo em que esta produz frutos, são seis meses de frutificação entre outubro e maio (WANDECK & JUSTU, 1988, SCARIOT *et al*, 1995).

Estes fatos juntamente com a abundancia de endocarpo produzido pela macaúba anualmente apoiam sua escolha como uma das espécies para a realização dos objetivos deste documento.

Das partes da macaúba o fruto é o de maior importância, mas as outras partes da espécie encontram diversas utilidades. Seu fruto, que pode ser consumido *in natura*, pode ao todo ser aproveitado, possui alto potencial produtivo, tanto a casca, a polpa, a castanha e a amêndoa são aproveitados. O óleo dele extraído tem uso alimentício como óleo apenas ou na produção de derivados. O óleo extraído da amêndoa por ser rico em ácido láurico que é valioso na indústria farmacêutica, e o da polpa encontra seu emprego no setor de biocombustível (CRUZ *et al*, 2017).

Por possuir uma madeira dura e de longa durabilidade, a macaúba pode ter utilidade em construções rurais, e o miolo de seu tronco possui uma fécula nutritiva. As folhas fibrosas desta palmácea possuem utilidades têxteis na fabricação de redes e de linhas de pescar e usadas como forragens além da aplicação estética no paisagismo (CARVALHO *et al*, 2011).

2.4.2 Caracterização do Babaçu (*Attalea ssp.*)

O babaçu é uma palmeira da família *Arecaceae* bastante abundante, chegando a estar presente em vários países da América Latina. No Brasil, sua ocorrência é muito comum na Amazônia, na Caatinga, na Mata Atlântica e no

Cerrado, fazendo que seu aproveitamento seja difundido em vários estados, justificado não só pela sua profusão e seus frutos são extremamente apreciados pelos habitantes dessas regiões. Os babaçuais, formações onde predominam a ocorrência do babaçu, se estendem por cerca de 196 mil km² do Tocantins, Maranhão, Piauí e outros estados brasileiros (DO VALE *et al*, 2015).

O babaçu é no âmbito do Cerrado e de todo o Brasil um recurso fundamental nos contextos nutricionais e econômicos. A amêndoa do babaçu de acordo com o censo agropecuário vende em sua categoria cerca de 120 mil toneladas anuais ficando apenas atrás do açaí, o equivalente a R\$150 milhões (CARRAZZA *et al*, 2012).

Devido sua abundancia e importância, o babaçu é uma das apenas duas espécies consideradas prioritárias no Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (PNPSB), No cenário social, as atividades desenvolvidas a partir do babaçu subsidiam inúmeras famílias que sobrevivem da agricultura e de sua exploração. Além da sua copiosa afluência territorial a palmácea produz de 3 a 5 cachos, cada qual capaz de produzir de 300 a 500 cocos, uma grande quantidade de endocarpos a serem aproveitados (DOS SANTOS *et al*, 2016).

Além disso, se trata de uma espécie disponível boa parte do ano, sua safra pode variar muito dependendo das condições do solo, da umidade e etc. No Maranhão, a colheita se dá nos meses de julho a dezembro, no Piauí de agosto a dezembro e no Goiás de julho a dezembro. O endocarpo do babaçu possuem de 2 a 3 cm de espessura, ou seja, além da vasta quantidade de endocarpo o babaçu tem um endocarpo espesso o que conseqüentemente pode se tornar mais carvão (FERREIRA *et al*, 2010).

Popularmente se diz que do babaçu se aproveita tudo, as folhas, o caule e os frutos. Uma palmeira de babaçu possui de 10 a 30 m de comprimento, das folhas que quando arqueadas alcançam até oito metros são utilizadas na confecção de coberturas para habitações, cestos, peneiras, esteiras e diversos outros produtos artesanais e que no período de seca são utilizadas de alimentos para animais. As amêndoas guardadas pelo resistente endocarpo de babaçu quando verdes fornecem um leite com propriedades nutricionais semelhantes ao leite materno que é usado como ingrediente de cozinha, apesar de o principal destino deste óleo ser a indústria cosmética, de lubrificantes e de sabões. Outra parte do babaçu que fornece matéria

prima gastronômica é o mesocarpo que é triturado e é usado como farinha normalmente utilizada em receitas de bolo (MENDONÇA *et al*, 2006).

Quando ainda jovem seu caule fornece uma espécie de palmito e uma seiva que se fermentada produz vinho, e seu estipe se torna produto para marcenaria e adubo natural. E o endocarpo do babaçu que se torna sub-produto de todas essas utilidades citadas por fim o único destino é se tornar matéria prima de carvão vegetal (CARRAZZA *et al*, 2012).

2.4.3 Caracterização do Buriti (*Mauritia flexuosa*)

De inicio pode-se facilmente perceber a dimensão da importância do buriti somente ao conhecer como é chamada essa palmácea no Cerrado, "árvore da vida". Além de aproveitado gastronomicamente, o buriti fornece matéria-prima para artesanato, confecção de abrigos e remédios, e desempenha ainda a função fundamental de manutenção de nascentes e cursos d'água onde esteja presente. O valor do buriti para os povos do Cerrado é imensurável, que vai além do econômico chegando até o cultural (MENDONÇA *et al*, 2006).

O buriti pode alcançar uma altura de 30 metros e possuir um caule com até 50 cm de diâmetro. O palmito do buriti apesar de ser comestível é pouco utilizado, as partes que apresentam fins gastronômicos mais comuns são a polpa, que se torna produto para óleo de fritura e se fermentada vinho. A utilidade mais comum está no fruto do buriti que largamente aplicado na produção de doces que além de saborosos são ricos em vitamina A, B e C e também fornecem ferro e cálcio (VIANA, 2013),.

Seu endocarpo que não apresenta utilidades artesanais ou comestíveis, se torna no fim um resíduo dos outros processos apresentados. É caracterizado por um tecido branco, fino e esponjoso, podendo apresentar uma cor amarelada, e apesar de uma densidade baixa o endocarpo apresenta um alto teor de celulose. O endocarpo do buriti possui baixa densidade ao ponto de possibilitar o fruto flutuar na água (ABREU *et al*, 2014).

A conservação da qualidade da água proporcionada pelo buriti acontece porque no Cerrado as palmáceas são frequentemente posicionadas ao longo de cursos d'água onde o relevo possibilita sua existência, se tornando uma característica das veredas do Cerrado. Mesmo nas estações secas alguns brejos

permanecem em torno de 1 metro de coluna d'água favorecendo o aparecimento da espécie (SAMPAIO, 2012).

A ocorrência do buriti no Brasil se dá no oeste da Caatinga, e por uma longa área nos biomas do Cerrado, Pantanal e na Amazônia. Fora do Brasil o buriti é encontrado na Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Trinidad e Tobago, Colômbia, Venezuela, Equador e no Peru, se limitando entre Mato Grosso do Sul e a Cordilheira dos Andes a oeste. O amadurecimento do fruto do buriti varia muito dependendo de sua localização. Na Amazônia a colheita ocorre entre os meses de março e agosto, mas no Cerrado isso acontece de setembro a fevereiro, o que assegura disponibilidade quase todo o ano. No mais cada buriti fêmea produz até 10 cachos e cada cacho produz de 450 a 2000 frutos, garantindo imensa quantidade de endocarpos (GAZEL *et al*, 2001).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo foram apresentados os materiais e os procedimentos de ativação dos endocarpos, de análise e comparação dos carvões obtidos.

Os passos da metodologia de produção, caracterização e qualificação dos carvões estão resumidos no fluxograma da Fig. (2) e apresentados detalhadamente no decorrer do capítulo. A área superficial e a porosidade podem ser obtidas graças a Teoria de Langmuir que dá suporte ao método de BET utilizado neste capítulo.

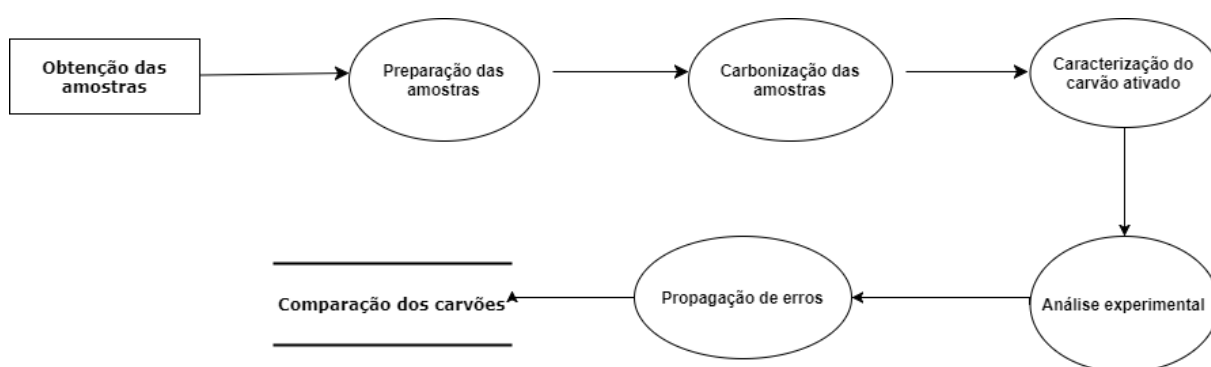


Figura 2. Fluxograma da metodologia

3.1 OBTENÇÃO DOS ENDOCARPOS

Os frutos do buriti necessários para realização do trabalho foram coletados diretamente nos campos do Cerrado localizados na região administrativa de Brazlândia no Distrito Federal. Os frutos do babaçu foram coletados no município de Padre Bernardo no estado de Goiás e a macaúba foi coletada na região do Plano Piloto em Brasília.

3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O pré-tratamento dos endocarpos consistiu no processo de separação dos endocarpos dos frutos que logo em seguida foram abertos para a remoção da semente e limpeza. Depois de limpos, os endocarpos foram triturados até o ponto em que se tornassem pó.

Os endocarpos triturados dos frutos escolhidos foram impregnados com K_2CO_3 na proporção de 1:1 (m/m). O processo de impregnação consistiu na mistura dos endocarpos triturados com o carbonato de potássio em água destilada e logo após submetida a mistura a aquecimento a 100 °C na placa de aquecimento (Fig. (3)) e agitação magnética até que houvesse evaporação da água, ao fim da evaporação os endocarpos já impregnados foram colocados em estufa (Fig. (4)) a 60 °C por 24 horas para retirar a umidade remanescente.



Figura 3. Placa de aquecimento Fisatom 752A



Figura 4. Estufa LUCA-80/100

3.3 CARBONIZAÇÃO DOS ENDOCARPOS

As biomassas impregnadas foram colocadas em um reator que não permitiu a saída de gás, portanto a pressão durante a carbonização foi variável conforme a temperatura. Em seguida o material foi submetido a um tratamento térmico em mufla à um aquecimento com rampa de temperatura de $16\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, com temperatura inicial de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ até as temperaturas finais de $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, permanecendo por 2 horas em cada temperatura.

Após a carbonização do material, o carvão produzido foi lavado primeiramente com ácido acético para remover a maior parte do carbonato de potássio. E em seguida, a lavagem do carvão continuou com água destilada a temperatura ambiente até o pH se tornasse neutro (próximo de 7) e depois seco em estufa a $104\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ressaltando que a mufla utilizada para a pirólise apresentou um variação de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para mais e para menos durante as 2 horas em que cada biomassa permaneceu depois de ter sido alcançada a temperatura desejada.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS CARVÕES ATIVADOS

Foi apresentado nesta secção os experimentos realizados para destacar as particularidades dos carvões obtidos. Os experimentos realizados são comuns na

caracterização de carvões e contam com um amplo uso em testes desta natureza, o que garante melhor qualidade no comparativo entre os carvões obtidos neste trabalho e os carvões já testados por estes métodos.

3.4.1 Análise da área superficial específica e porosidade

A área superficial específica e a porosidade foram determinados com o auxílio de um equipamento NOVWIN analisador da Quantachrome versão 10.01, que gerou as isotermas de adsorção de N_2 a 77,3 K. Aplicando-se os modelos de BET e BJH para os dados das isotermas foi possível obter os valores de área superficial e tamanho médio de poro.

3.5 INCERTEZAS NAS MEDIÇÕES

Toda medição experimental carrega consigo uma incerteza. Nas análises químicas isso ocorre principalmente por conta de falhas humanas e por conta das características e da calibração dos instrumentos utilizados na preparação das amostras. Em um experimento químico realizado em várias etapas subsequentes as incertezas da etapa anterior são propagadas para a etapa seguinte de forma que a incerteza total do procedimento carrega a incerteza de todas as etapas anteriores (CHUI *et al*, 2001).

As imperfeições das medições levam a erros no resultado da medição e estes erros possuem dois componentes, o sistemático e o aleatório. Ambas componentes não podem ser eliminados, mas o erro aleatório pode ser minimizado ao aumentar o número de medições, esse erro decorre das variações das medições do mesmo mensurado. O erro sistemático é originado devido a influência que pode ser reconhecida, como por exemplo um instrumento que possui a tendência em registrar valores poucos distantes do real, quando qualificado esse erro pode ser corrigido (GONÇALVES *et al*, 2011).

Por exemplo uma grandeza M que realizada de forma indireta, obtida a partir de medições primárias $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, o cálculo de M é obtido por um função das grandezas primárias, gerando: (Eq (7))

$$M = M(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \quad (7)$$

A expressão para o cálculo da incerteza padrão da grandeza de saída obtida em função dos desvios padrão das médias σ_{ak} é: (Eq (8))

$$\sigma_{\bar{R}} = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial a_1}\right)^2 (\sigma_{a_1}^-)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial a_2}\right)^2 (\sigma_{a_2}^-)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial a_n}\right)^2 (\sigma_{a_n}^-)^2} \quad (8)$$

e a forma final da grandeza obtida dada pela Eq (9)

$$M = M \pm \sigma_{\bar{R}} \pm \sigma_{\bar{E}} \quad (9)$$

onde σ_E é a componente de propagação do erro instrumental.

4. RESULTADOS

4.1 RENDIMENTO DAS PIRÓLISES

A Tabela (1) demonstra a massa de cada biomassa antes e depois da pirólise e seu respectivo rendimento.

Tabela 1. Rendimento das pirólises.

Amostra	Massa antes da Pirólise [g]	Massa depois da Pirólise [g]	Rendimento [%]
Macaúba 700 °C	20,00±0,01	4,63±0,01	23,15±0,05
Babaçu 700 °C	35,33±0,01	1,72±0,01	4,87±0,03
Buriti 700 °C	40,29±0,01	2,15±0,01	5,34±0,02
Macaúba 800 °C	38,29±0,01	2,82±0,01	7,36±0,02
Babaçu 800 °C	35,61±0,01	2,55±0,01	7,16±0,03
Buriti 800 °C	34,99±0,01	1,80±0,01	5,14±0,03

Percebeu-se na Tab. (1) que apenas o babaçu apresentou um melhor rendimento na temperatura de 800 °C, todas as outras biomassa obtiveram rendimentos inferiores a esta temperatura principalmente a macaúba que teve o rendimento diminuído de 23,15% em 700 °C para 7,36% em 800 °C. Os rendimentos calculados não resultaram em valores maiores, por dois fatores, o primeiro é que antes da pirólise ainda houve umidade nas biomassa por conta do processo de impregnação, esta água esteve presente na pesagem realizada antes da pirólise, evaporou durante e esteve ausente na pesagem realizada depois da pirólise. O outro fator que foi a rampa de temperatura da mufla ser unicamente de 16 °C min⁻¹, quando o ideal seria ter uma rampa menor para favorecer a criação de carvão e não de gás, já que rampa maiores favorecem a produção de gás à produção de carvão.

4.2 RESULTADOS DO BET

4.2.1 Área superficial

Os carvões ativados obtidos foram analisados pela técnica do BET e apresentaram as seguintes área superficial, demonstrados na Fig. (5).

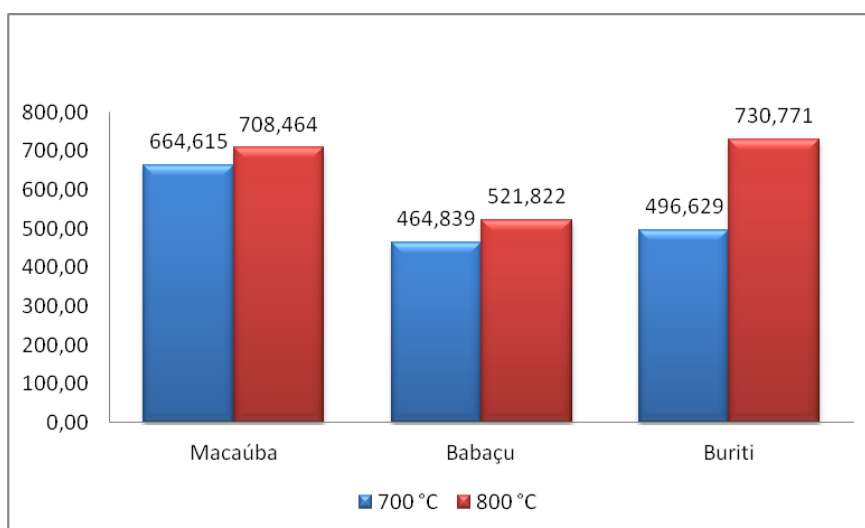


Figura 5. Área superficial em m² g⁻¹.

A Figura 5 mostrou uma relação clara entre o aumento da temperatura de pirólise com o aumento da área superficial. Todas as biomassas obtiveram área superficial maior a temperatura de 800 °C do que a temperatura de 700° (aumento de 6,6% e 12,3% para a macaúba e o babaçu respectivamente) e o destaque maior

foi o buriti que apresentou o maior ganho de área superficial (47%) ao se aumentar a temperatura da pirólise.

A partir dos resultados destes foi possível fazer uma ligação entre a porosidade da biomassa com a área superficial do carvão ativado, como demonstrou o buriti, a mais porosa dentre as três biomassas, apresentou a maior área superficial.

4.2.2 Influência da temperatura de pirólise nas isotermas

Nesta parte do trabalho foi apresentada a influência da temperatura de pirólise nas isotermas realizadas a partir da adsorção de nitrogênio realizadas no método BET.

As Figuras 6, 7 e 8 demonstraram sobrepostas as isotermas da mesma biomassa pirolisadas às temperaturas propostas, as ordenadas apresentam o Volume (STP) de nitrogênio adsorvido, o que significa o respectivo volume de gás nas condições padrões de temperatura e pressão, 1 atm e 273 K respectivamente, os eixos ordenados dos gráficos apresentam a pressão relativa.

Macaúba

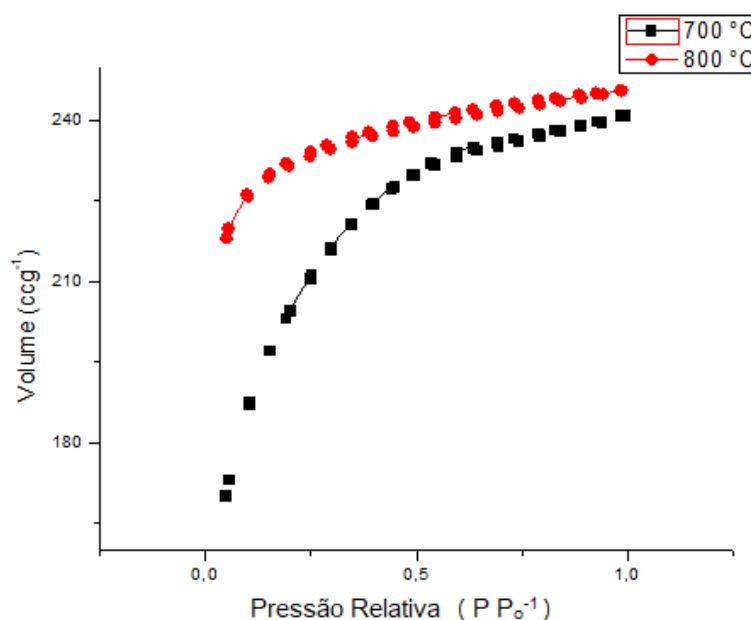


Figura 6. Isotermas da macaúba.

Buriti

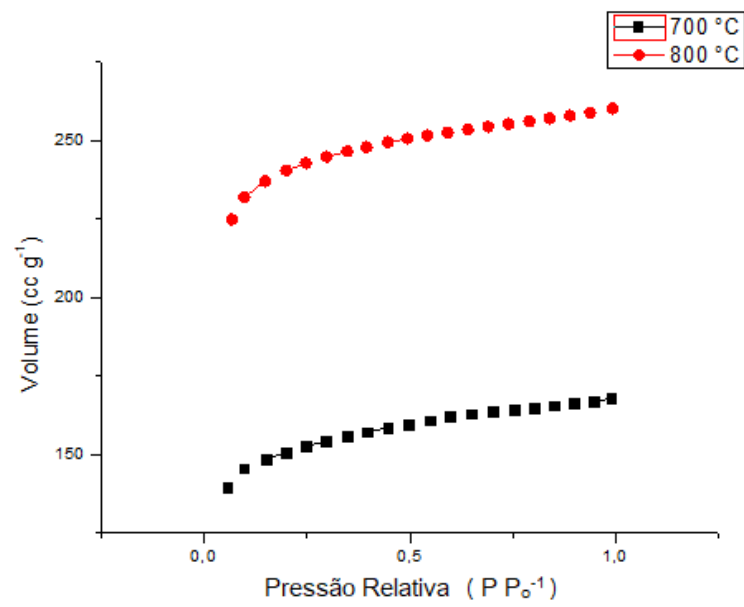


Figura 7. Isothermas do buriti.

Babaçu

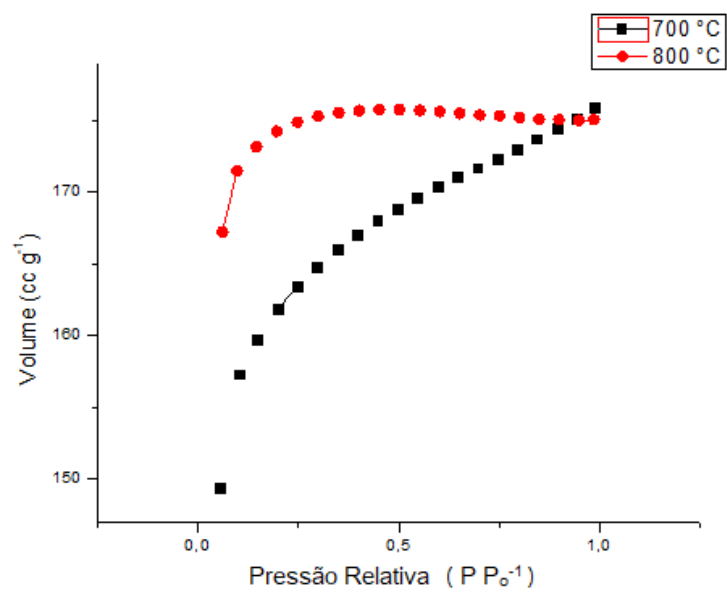


Figura 8. Isothermas do babaçu.

As Figuras 6, 7 e 8 revelam como o aumento da pressão do gás influencia na quantidade do mesmo que foi adsorvido pelos carvões.

Percebeu-se que para todas as biomassas o aumento na temperatura resultou no aumento significativo da capacidade de adsorção dos carvões, o que já se esperava já que todas as biomassas apresentaram área superficial maior na maior temperatura. Na temperatura de 800 °C percebeu-se uma maior linearidade e uma maior constância da capacidade de adsorção com o crescimento da pressão, o que significa que o aumento de pressão não alterou muito o resultado. Na temperatura de 700 °C os carvões demonstraram uma capacidade de adsorção mais sensível à pressão aplicada, com exceção do buriti.

Quanto a macaúba (Fig. (6)) que à 700° C às pressões baixas apresentou resultados razoáveis de adsorção quando comparado aos outros carvões objetos desse estudo e que apresentou uma melhora significativa às pressões maiores. Para qualquer pressão relativa a capacidade foi maior para 800 °C, porém o aumento da temperatura neste caso significou para as pressões mais baixas o maior ganho da capacidade de adsorção, e apenas um ganho considerável nas pressões maiores.

O destaque do buriti (Fig. (7)) se dá à dois fatos significativos que devem ser discutido nestas análises, o primeiro é que a variação da pressão foi a que menos afetou a capacidade de adsorção para ambas as temperaturas, o segundo e principal fato é que o buriti que apresentou o maior ganho de área superficial, apresentou também o maior ganho da capacidade de adsorção. A maior área superficial também foi a do buriti que apresentou também a maior capacidade de adsorção, como pode ser observado na Fig. (9).

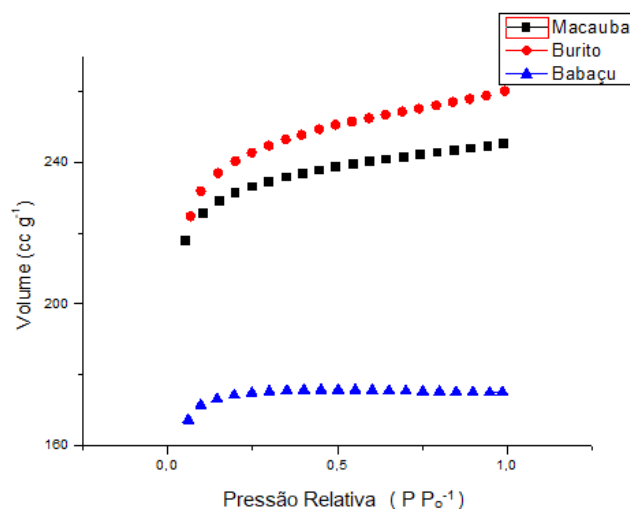


Figura 9. Isotermas a 800 °C

O babaçu que apresentou pelas temperaturas, as menores áreas superficiais, demonstrou também a menor capacidade adsortiva, como pode-se ver na Fig. (9).

4.2.3 Volume do poro

O volume do poro obtido pela análise da adsorção do BJH revelou os resultados da Fig. (10).

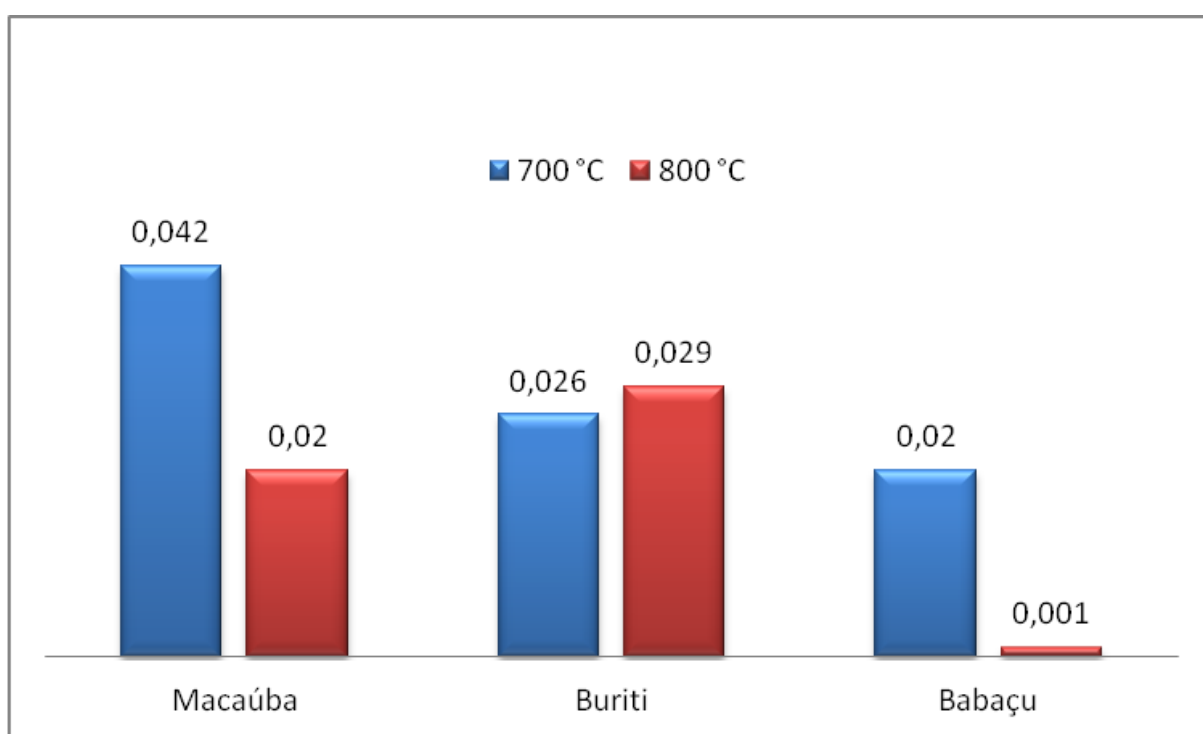


Figura 10. Volume do poro em cc g⁻¹.

A única biomassa a ganhar volume de poro com o aumento da temperatura foi o buriti, que obteve um ganho de 11,5%, o que não foi um ganho significativo. Pela Figura (9), o resultado se demonstrou o oposto para as demais biomassas que tiveram uma redução significativa do volume do poro com o aumento da temperatura (decréscimo de 52,4% para a macaúba e de 95% para o buriti).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho de conclusão de curso ofereceu uma revisão bibliográfica que apresentou informações pertinentes sobre os processos de ativação de carvão, sobre sua avaliação e sobre suas utilidades que revelaram sua significância nos contextos econômicos e sociais. A revisão bibliográfica permitiu ainda principalmente observar que a abundância das espécies estudadas e a imensa distribuição geográfica, os longos períodos do ano de colheita, a capacidade de produção de uma larga quantidade de produção de frutos de demonstraram um grande potencial a ser explorado na produção de carvão ativado. Além disso, concluir o limitada variedade de emprego econômico dos endocarpos reforçam como a escolha destas matérias-primas para o fim de produção de carvão ativado é proveitoso.

Para fins de caracterização, ao final deste trabalho pode-se perceber sobretudo um significativo aumento das áreas superficiais dos carvões ativados respectivo ao aumento da temperatura de pirólise de 700°C para 800°C. Percebeu-se também como este fato ocasionou na substancial melhora da capacidade de adsorção de N₂ dos carvões ativados. Os ganhos de áreas superficiais obtidos foram de 6,6%, 12,3% e 47% para a macaúba, o babaçu e o buriti respectivamente.

O trabalho trouxe também informações sobre como o aumento da temperatura afetou o rendimento de produção de carvão da pirólise das biomassas dadas às condições de rampa de temperatura de 16 °C min⁻¹. Trouxe além disso os volumes poros de cada biomassa a cada temperatura estuda, sem que pudesse perceber quais as características dos endocarpos e como cada temperatura que influenciaram estes resultados. Para o babaçu o aumento da temperatura significou um aumento de 11,5% de volume de poros e a macaúba e o buriti tiveram 52,4% e 95% de diminuição respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, PAA et al. COLORAÇÃO DE BISCOITOS TIPO COOKIE ELABORADOS COM FARINHA DE ENDOCARPO DE BURITI. 2014.
- ADHOUM, Nafaâ; MONSER, Lotfi. Removal of phthalate on modified activated carbon: application to the treatment of industrial wastewater. **Separation and Purification Technology**, v. 38, n. 3, p. 233-239, 2004.
- AHMAD, A. L.; SUMATHI, S.; HAMEED, B. H. Residual oil and suspended solid removal using natural adsorbents chitosan, bentonite and activated carbon: A comparative study. **Chemical Engineering Journal**, v. 108, n. 1, p. 179-185, 2005.
- BARBOSA, E; CORREIA MARTINO, A; FERRAREZ, D; DONATO, A; CARNEIRO, D; GROSSI, A. Potencial energético dos resíduos do fruto da Macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal, 2016.
- BETINA WERLANG, E. et al. Ter 4 Produção de Carvão Ativado a partir de resíduos vegetais REVISADO. **Revista Jovens Pesquisadores**, n. 1, p. 156–167, 2013.
- BHATNAGAR, Amit et al. An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. **Chemical Engineering Journal**, v. 219, p. 499-511, 2013.
- CARVALHO, K. J.; SOUZA, A. L.; MACHADO, C. C. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia da Macaúba. **Macaúba *Acrocomia aculeata*(Jacq.) Lood. ex. Mart.**, p. 35, 2011.
- CATURLA, F.; MOLINA-SABIO, M.; RODRIGUEZ-REINOSO, F. Preparation of activated carbon by chemical activation with ZnCl₂. **Carbon**, v. 29, n. 7, p. 999-1007, 1991.
- CHEN, L. Y.; JAENICKE, S.; CHUAH, G. K. Thermal and hydrothermal stability of framework-substituted MCM-41 mesoporous materials. **Microporous materials**, v. 12, n. 4-6, p. 323-330, 1997.
- CLAUDINO, A; **Preparação de Carvão Ativado a Partir de Turfa e Sua Utilização na Remoção de Poluentes**. Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, p.6 , Florianópolis.
- CORPORATION-LTD, K. S. I. D. Project Profile on Activated Carbon Plant in Kerala. p. 5, 2014.
- CRUZ, Rodolfo Pinheiro; FERREIRA, Felipe Baião; RODRIGUES, Fábio de Ávila. Simulação e análise econômica da produção de biodiesel a partir de óleo de macaúba. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 3, p. 533-560, 2017.
- EL QADA, E. N.; ALLEN, S. J.; WALKER, G. M. Adsorption of Methylene Blue onto activated carbon produced from steam activated bituminous coal: A study of equilibrium adsorption isotherm. **Chemical Engineering Journal**, v. 124, n. 1–3, p. 103–110, nov. 2006.
- DO VALE, Stella Costa Santos; GUIMARÃES, Ana Paula Martins; MORAIS, Paula Benevides. Ocorrência e potencial biotecnológico de leveduras associadas aos frutos de *Attalea speciosa*. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 4, p. 213-225, 2015.
- DOS SANTOS, Lucélia Neves; RODRIGUES, Waldecy. Avaliação do processo de implementação do Plano Nacional da Sociobiodiversidade na mesorregião do Bico do Papagaio. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 3, n. 2, p. 093-110, 2016.
- FERREIRA, B. R. B. et al. Caracterização físico-química do mesocarpo de babaçu (*Orbignya* sp) de regiões do Piauí. Disponível em: [http://www.ufpi.br/19sic/Documentos/RESUMOS/Vida/Pablo% 20Ricardo% 20Barbosa% 20Ferreira. pdf](http://www.ufpi.br/19sic/Documentos/RESUMOS/Vida/Pablo%20Ricardo%20Barbosa%20Ferreira.pdf)>. Acessado em, v. 18, 2010.
- GAZEL FILHO, A. B.; LIMA, JA de S. O buritizeiro (*mauritia flexuosa* L.) e seu potencial de utilização. **Embrapa Amapá-Documentos (INFOTECA-E)**, 2001.
- GONÇALVES, L. et al. AVALIAÇÃO DAS INCERTEZAS ASSOCIADAS À DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO DE SOLUBILIDADE DE HILDEBRAND DE PETRÓLEOS. **Quim. Nova**, v. 34, n. 2, p. 226–231, 2011.
- HAYASHI, Jun'ichi et al. Preparing activated carbon from various nutshells by chemical activation with K₂CO₃. **Carbon**, v. 40, n. 13, p. 2381-2386, 2002.
- H CHUI RICARDO R ZUCCHINI, Q. S. Qualidade De Medições Em Química Analítica. Estudo De Caso: Determinação De Cádmio Por Espectrofotometria De Absorção Atômica Com Chama. 2001

- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995. 352 p.
- JIN, K. et al. REVIEW CONSIDERAÇÕES TEMODINÂMICAS DAS ISOTERMAS. n. 101, p. 83–94, 2008.
- LEITE, Nadjma Souza *et al.* Remoção de hidrocarbonetos de efluentes aquosos utilizando carvão ativado de cones de *Casuarina equisetifolia*. **Scientia Plena**, v. 13, n. 7, 2017.
- MAIA, GUSTAVO DIAS; ALBINI, GEISA; FREIRE, JOSÉ TEIXEIRA. ANÁLISE DOS PARÂMETROS DO MODELO DE ADSORÇÃO EM MULTICAMADA, CALOR ISOTÉRMICO E ENTROPIA DE DESSORÇÃO PARA ISOTERMAS DE CEVADA. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 45-54, 2015.
- MELO, Patricia Gontijo de et al. Estudo das propriedades físico-químicas de membranas de acetato de celulose/glicerol incorporadas com aditivos de lignina extraída do endocarpo da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e seus derivados modificados quimicamente. 2015.
- MENDONÇA, Jane Karina Silva et al. USO SUSTENTÁVEL DE ESPÉCIES DE PALMEIRAS DA APA DA BAIXADA MARANHENSE PARA O CONTROLE E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR EROSÃO. 2006.
- MORENO-PIRAJÁN, J. C. *et al.* Binary system Cu(II)/Pb(II) adsorption on activated carbon obtained by pyrolysis of cow bone study. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 89, n. 1, p. 122–128, set. 2010.
- OTOWA, T.; NOJIMA, Y.; MIYAZAKI, T. Development of KOH activated high surface area carbon and its application to drinking water purification. **Carbon**, v. 35, n. 9, p. 1315-1319, 1997.
- PALMEIRA, Fernanda et al. UTILIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO FATORIAL PARA ANÁLISE DE ERROS EM PROCESSOS DE ADSORÇÃO. In: **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. 2014. p. 66-71.
- PEIXOTO, A.R. - Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo, Livraria Nobel, 1973. 248p.
- ROBERTO CARRAZZA, L.; CARLOS CRUZ ÁVILA MARIANE LIMA DA SILVA, J. Babaçu (*Attalea spp.*) Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do. 2012.
- SAMPAIO, M; Boas Práticas De Manejo Para O Extrativismo Sustentável Do Buriti, 2011.
- SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropica**, Washington, v. 27, n. 2, p. 168-173, 1995.
- SILVA, Luis Felipe de Sales Dorneles et al. Formação Serra Geral (Cretáceo, Bacia do Paraná)-Uma caracterização da porosidade por fratura em reservatórios não convencionais de hidrocarbonetos. 2014.
- TANG, Yuan-Ming; KOSTECKI, John C.; GRAEVE, Eric G. **Agglomerated activated carbon air filter**. U.S. Patent n. 5,332,426, 26 jul. 1994.
- TEIXEIRA, Viviane Gomes; COUTINHO, Fernanda M. B.; GOMES, Ailton S.. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 808-818, Dec. 2001
- TENG, H.; YEH, T.-S.; HSU, L.-Y. Preparation of activated carbon from bituminous coal with phosphoric acid activation. **Carbon**, v. 36, n. 9, p. 1387–1395, set. 1998.
- TENÓRIO, E.C. - O babaçu e coqueiros assemelhados em Minas Gerais. Belo Horizonte, 1982, 216p
- VIANA, Rebeca Verônica R. **Diálogos possíveis entre saberes científicos e locais associados ao capim-dourado e ao buriti na região do Jalapão, TO**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- WANDECK, F. A; JUSTO, P. G. A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS, 6., 1988, Brasília. Anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. p. 541-577.
- WILLIAMS, P.; REED, A. Development of activated carbon pore structure via physical and chemical activation of biomass fibre waste. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 2, p. 144–152, fev. 2006.